

Motivation

Die Alkali-Kieselsäure-Reaktion (AKR) ist ein gefährlicher Schadensprozess für Betonbauwerke mit sehr hohen Kosten für die Instandsetzung. Die rechnerische Modellierung von Bauschäden ist ein wertvolles Instrument zum Verständnis der vielfältigen und komplizierten Wechselwirkungen der ablaufenden Reaktionen und Prozesse.



Abb. 1: typischer AKR Schaden

Ziel

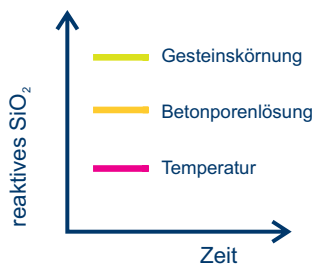


Abb. 2: zeitabhängige Einflussparameter auf eine AKR

Ziel des Projektes ist die Modellierung der initialen Phase einer schädlichen AKR im alkalireaktiven Gestein als zeitabhängige Funktion verschiedener Einflussparameter. Neben der Temperatur und der Gesteinsart wird auch der Einfluss der Zusammensetzung der Betonporenlösung untersucht.

Die geplante Modellierung deckt dabei vier zeitabhängige Teilprozesse ab:

- ➔ Eindringen alkalischer Betonporenflüssigkeit in das Porensystem des Gesteins
- ➔ Lösung von Gesteinskomponenten
- ➔ Einsetzenden Reaktionen in der Porenlösung
- ➔ Veränderung des Porenraums im Gestein

Rechnerische Simulation einer beginnenden AKR mit Transreac

Für die Simulation notwendige Materialparameter (Porosität, Ionendiffusionskoeffizienten,...) können für jedes Gestein experimentell ermittelt werden. Auf Basis von thermodynamischen Kenngrößen kann mit der rechnerischen Simulation die Reaktion zwischen einer alkalischen Lösung und silikatischer Gesteinskörnung nachgestellt werden.

Die Gibbs'sche Energie ($G^{P,T}$) des Gesamtsystems setzt sich aus der Summe der Gibbs'schen Energien der Spezies in dem System zusammen. $G^{P,T}$ einer Spezies lässt sich durch ihr chemisches Potenzial ($\mu_s^{P,T}$) und ihren Aktivitätskoeffizienten (γ_i) ausdrücken

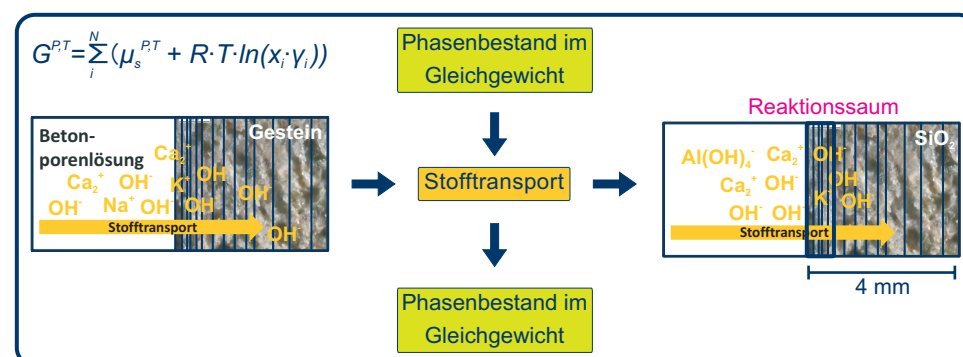


Abb. 3: Prinzip der Simulation mit Transreac

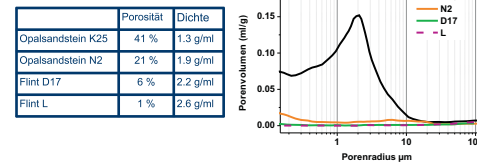
Gesteinskörnung

Untersucht werden Gesteinskörnungen die sich in ihrer Reaktivität unterscheiden. Der kristalline Bergkristall dient als gänzlich inertes Gestein als Referenz. Vertreter der slow/late Gruppe sind eine Grauwacke und zwei unterschiedlich reaktive Rhyolithe. Von den schnell reagierenden norddeutschen Gesteine Opalsandstein und Flint wird je eine reaktive und eine nicht reaktive Sorte untersucht.

Bestimmung der Materialparameter

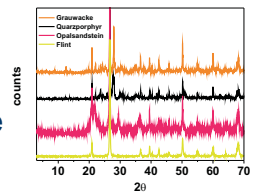
Porenraum der Steine

- ➔ offene Porosität nach DIN
- ➔ Wasseraufnahme unter Vakuum nach DIN
- ➔ Hg Porosität



chemische Zusammensetzung

- ➔ RFA
- ➔ XRD
- ➔ Dünnschliffe



Ionendiffusionswiderstand

- ➔ Salzprofile mit Transreac berechnen
- ➔ Diffusionsversuch im E-Feld

Experimente

Als Prüfverfahren direkt an der Gesteinskörnung dient ein modifizierter BTU-SP-Test. In Testverfahren wird im Normalfall der Gehalt an SiO_2 und Al_2O_3 bestimmt der sich innerhalb von 14 d aus der Gesteinskörnung bei 80°C in 0.1 N KOH herauslöst. Im Rahmen des Projektes wird ein deutlich längerer Zeitraum gewählt und wesentlich mehr Materialparameter gewonnen. Zum Beispiel wird die Geschwindigkeit mit der die angreifende Porenlösung in das Gestein gelangt über einen Ionendiffusionskoeffizienten in der rechnerische Simulation abgebildet.

Erste Simulationen an einem

einfachen Modell

„Betonporenlösung“:	Gestein:
0.1N KOH	50% SiO_2
+ $\text{Ca}(\text{OH})_2$	50% inerte Substanz
+ $\text{Al}(\text{OH})_3$	Porosität, Rohdichte,...

Ergebnisse der ersten

Simulationen

- ➔ Reaktionssaum ~ 1mm
- ➔ Abbau von SiO_2
- ➔ Veränderung des Porenraums
- ➔ Ausbilden gelartiger Substanzen

Ausblick

Die rechnerische Modellierung kann zukünftig als Prognosewerkzeug für die Dauerhaftigkeit des Baustoffs Beton eingesetzt werden, damit AKR-Schäden im Bauwerk nicht entstehen können.